

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-020765

(43)Date of publication of application : 24.01.1995

(51)Int.Cl. G03H 1/04  
G11B 7/00

(21)Application number : 06-108295

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH  
CORP <IBM>

(22)Date of filing : 23.05.1994

(72)Inventor : SINCERBOX GLENN TAVERNIA

(30)Priority

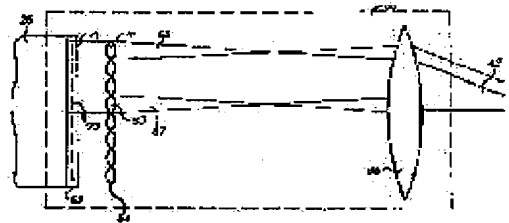
Priority number : 93 83805 Priority date : 28.06.1993 Priority country : US

## (54) PHASE ENCODING STEREOSCOPIC HOLOGRAM SYSTEM WITH BINARY PHASE MODULATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To use a phase encoding multiplexer to generate light in a reference beam of a completely binary phase in a phase encoding stereoscopic holography storage system.

CONSTITUTION: A reference beam 26 is made incident on a multiplexer 60 and is emitted as an output reference beam 42. The multiplexer 60 includes a binary phase modulator 62, a lens array 64, and a condenser lens 66. The lens array 64 includes a series of adjacent lenses such as ordinary lenses 61 and 63, and these lenses convert the reference beam 26 to an array of parallel beamlets such as ordinary beamlets 65 and 67. The array of individual beamlets is converted to overlapping beamlets, which are converged on a section of a holography recording medium as the reference beam 42, by the condenser lens 66.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-20765

(43) 公開日 平成7年(1995)1月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 3 H 1/04

G 1 1 B 7/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8106-2K

A 9464-5D

審査請求 有 請求項の数11 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-108295

(22) 出願日 平成6年(1994)5月23日

(31) 優先権主張番号 083805

(32) 優先日 1993年6月28日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー  
ズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSIN  
ESS MACHINES CORPO  
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 グレン・タヴァーニア・シンサーボックス

アメリカ合衆国95120 カリフォルニア州  
サンノゼ パーニック・コート1309

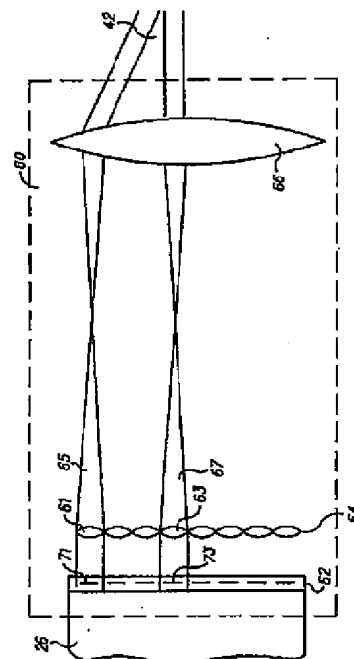
(74) 代理人 弁理士 合田 漢 (外2名)

(54) 【発明の名称】 2値位相変調器を有する位相符号化立体ホログラム・システム

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 位相コード化立体ホログラフィ記憶システムで、位相コード化マルチプレクサを使用して、完全に2値の位相の基準ビーム中の光を生成する。

【構成】 基準ビーム26が、マルチプレクサ60に入り、出力の基準ビーム42として出る。マルチプレクサ60には、2値位相変調器62、レンズ・アレイ64、および集光レンズ66が含まれる。レンズ・アレイ64は、通常のレンズ61および63など、一連の個々の隣接するレンズを含み、これらのレンズが、基準ビーム26を、通常のビームレット65、67などの平行ビームレットのアレイに変換する。個々のビームレットのアレイは集光レンズ66によって、ホログラフィ記録媒体のセクションに基準ビーム42として集光される重なり合うビームレットに変換される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】ホログラフィ媒体と、

光源と、

光源からの光を信号ビームおよび基準ビームに形成する手段と、

信号ビーム中に置かれた、信号ビーム中の光を変調する手段と、

光の基準ビームを複数の平行な光のビームレットに分割する手段と、光の各ビームレットごとに 2 値相補位相を生成する手段とを含む、基準ビーム中に置かれた、信号

ビーム中の光の各変調ごとに基準ビーム中の光の位相を変調する手段と、  
変調された信号ビームを媒体に向ける手段と、  
変調された信号ビームとの干渉によって媒体内にホログラムを記録するために光の基準ビームレットを媒体に向ける手段と、

媒体に光学的に結合された、記録されたホログラムを検出する手段とを含む、立体ホログラフィ記憶システム。

【請求項 2】光の各ビームレットごとに相補位相を生成する手段が、相補回折格子を生成する手段を含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】位相生成手段がさらに、各セルが、対応する光の基準ビームレットと光学的に一線上にあり、各セル内に、互いに格子周期の半分だけ変位された 2 つの回折格子が形成されており、各格子が、回折状態と非回折状態との間で切替可能である、複数の光透過セルと、

2 つの回折格子に結合された、どの時点でも 2 つの回折格子のうちの 1 つだけを活動化し、これによってどの時点でも 1 つの格子だけが実質的に回折しているようにする手段とを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】セルが、液晶セルであることを特徴とする、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】ビームレット生成手段が、レンズ・アレイであり、アレイの各レンズが、対応する液晶セルと一線上にあることを特徴とする、請求項 4 に記載のシステム。

【請求項 6】各回折格子が、平行なフィンガのパターンを有する液晶セル電極を含み、各セル内で 2 つの回折格子を形成する 2 つのパターンが、各回折格子のフィンガの間隔の半分だけインターデジタルにフィンガが離れて配置されることを特徴とする、請求項 4 に記載のシステム。

【請求項 7】セルを活動化する手段が、さらに、すべてのセルを所定のデジタル・コードに従って同時に活動化する手段を含み、各コードが、信号ビームの信号変調に対応することを特徴とする、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】ホログラフィ媒体と、

単色コヒーレント光ビームを生成するための光源と、

光源からの光を信号ビームと基準ビームに分割するためのビーム・スプリッタと、

信号ビーム中に置かれた、信号ビーム中の光を、デジタル・データを表す複数の光の点に変調するための空間光変調器と、

基準ビーム中に置かれた、光透過セルのアレイを含み、各セルが、回折格子周期の半分だけ離隔した 2 つの全般的に同様の回折格子と、光の基準ビームを光の平行ビームレットのアレイに分割するためセルのアレイと一線上にあるレンズの同様のアレイとを有する、位相マルチプレクサと、

空間光変調器と位相マルチプレクサとに結合された、空間光変調器にデジタル・データのページを送し、複数の所定のコードのうちの 1 つのコードに従って各セルの回折格子のうちの一方または他方を活動化するためのコントローラと、

変調された信号ビーム中の光の点をホログラフィ媒体の所定のセクションに向ける手段と、

変調された信号ビームとの干渉によって媒体セクション内に、デジタル・データの伝送されたページを表すホログラムを記録するために、媒体の前記所定のセクションに光のコード化された基準ビームレットに向ける手段と、

コントローラに結合された、媒体セクションに向けられた、基準ビームと同一の位相コード化を有するビームレットを含む光の再生ビームにตอบสนองして、記録されたデジタル・データのページを検出する手段とを含む、立体ホログラフィ・デジタル・データ記憶システム。

【請求項 9】変調器が、基準ビームを複数の平行な光ビームレットに分割するための複数の隣接する光透過セルを含み、各セル内に、格子周期の半分だけ離隔された 2 つの回折格子が形成されており、各格子が、実質的に光を回折する状態と光を回折しない状態との間で切替可能である

光の基準ビームを生成する光源を有する立体ホログラム・システム用の 2 値位相変調器。

【請求項 10】セルが、液晶セルであり、各回折格子が、平行なフィンガのパターンを有する液晶セル電極を含み、各セル内で 2 つの回折格子を形成する 2 つのパターンが、各格子内のフィンガの間隔の半分だけインターデジタルにフィンガが離れて配置されることを特徴とする、請求項 9 に記載の変調器。

【請求項 11】さらに、各セル内の各電極に電氣的に結合された、どの時点でも各セル内の 2 つの回折格子のうちの 1 つだけを活動化し、これによってどの時点でも各セル内の 1 つの格子だけが実質的に光を回折するようにする手段を含む、請求項 10 に記載の変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、3次元または「立体」ホログラフィ記憶システムに関し、具体的には、位相コード化基準ビームを使用して重畳画像または重畳ページをホログラフィ記録材料に記録する前記システムに関する。

#### 【0002】

【従来の技術】立体ホログラムでは、物体からの放射線または信号ビームと基準ビームとの干渉が、最大場強度と最小場強度の干渉構造を生じ、それによって、屈折率など何らかの光学特性の最大変化と最小変化を有する同様の構造がホログラフィ媒体内に生成される。ホログラムが薄いとみなされる場合、すなわち、媒体の厚さが、記録される構造の間隔よりはるかに大きい場合、記録された構造からの回折は、照明の角度または波長の変化に非常に敏感である。その媒体内に作成された構造に当たる再生ビームは、再生ビームが元の基準ビームと一致し、同一波長であるならば、物体の正確な画像を再生する。この必要条件のおかげで、基準ビームの入射角の変更（角度多重化）または波長の変更（波長多重化）もしくはその両方によって、多数の画像またはページを媒体内に重畳して記録することが可能になる。これらの複数の画像またはページは、同一の波長で同一の入射角で送られる再生ビームによってその媒体から読み取ることができる。

【0003】立体ホログラム・システムでの基準ビームの角度多重化は、ガルバノメータ鏡や音響光学装置など、何らかのタイプのビーム偏向機構によって達成される。ガルバノメータは、比較的低速であり、所与のアクセス方向を維持するのにサーボ制御システムが必要である。音響光学装置は、角度範囲に制限があり、偏向されたビームに波長シフトが生じるので、信号ビームと基準ビームの両方に使用しなければならない。どちらの機構でも、角度方向の誤差は、所望のホログラムと共に隣接するホログラムを再生させ、その結果クロストークが生じて、データ信頼性を低下させる。

【0004】波長多重化には、記録ビームの波長を制御する手段が必要である。これは、特定のダイオード・レーザの同調によって行うことができるが、これらのレーザは、ホログラフィ媒体に使用できる材料がほとんどないスペクトル領域で動作する。代替案の1つが、大きく高価な色素レーザを使用することであるが、これは小型データ記憶装置には実用的でない。

【0005】最近になって、立体ホログラフィ記憶システム用の異なる多重化方式が提案された。この手法は、位相コード化と称し、C. Denz 他著 "Volume Hologram Multiplexing Using a Deterministic Phase Encoding Method", Optics Communications, 85 (1991年), p. 171-176 に記載されているが、この手法で

は、角度多重化に使用されるものと同じ1組の個々の基準ビームが使用されるが、これらのビームはすべて常にオンであり、ビームの位相だけが0°と180°の状態の間で変化する。個々のホログラムは、各ホログラムに対応する独自の位相コードによって記録され、取り出される。この位相コード化方法には、ビーム出力がすべて利用され、ビーム偏向が不要であるという長所がある。各ビームの位相変調は、光学閾値未満の「位相オンリー」モードで動作する液晶セルによって達成される。この位相オンリー・モードでは、低電圧の印加によって、セルを通過するビームの180°位相減速が生じる。

【0006】位相コード化多重化の主な問題は、隣接するホログラム間のクロストークをなくすために、個々の基準ビームの位相を正確に0°または180°にしなければならないことである。位相変調器として使用される液晶セルは、アナログ・デバイスであり、その位相減速は印加電圧の非線形関数である。さらに、この関数は、セルの厚さやセル製造中の表面処理などのパラメータの変動によって変化する。したがって、位相オンリー・モードで動作する液晶セルは、基準ビーム用の完全に2値の位相変調器として機能する場合には、印加電圧をサーボ制御するために何らかのタイプのフィード・バックを必要とする。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】したがって、印加電圧から独立であり、複雑または高価なフィードバック制御を必要としない、完全に2値の位相変調器を使用する、改良された位相コード化立体ホログラフィ記憶システムが必要である。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、コード化を行うために基準ビーム中で使用される光の位相が完全に2値である、位相コード化立体ホログラフィ記憶システムである。好ましい実施例では、位相変調器に、基準ビームを光の平行ビームレットのアレイに変換する液晶セルのアレイを有する液晶装置が含まれる。アレイ内の各セルは、2組の等間隔の平行なフィンガとしてパターン化され、各組が回折格子を形成する電極を有する。この2組のフィンガは、2つの組のフィンガがインターリーブされ、各フィンガが互いに丁度真中にくるようにインターディジタルに置かれる。各組の電極フィンガの間隔は、下記のブラッグ条件を満足する。

$$【数1】 2d \sin \theta = \lambda ;$$

【0009】上式で、 $\theta$ はビームの回折角度、 $\lambda$ は波長、 $d$ はフィンガの間隔または回折格子の周期である。どの時点でも各セル内で回折格子のうちの1つだけを活動化させる手段が設けられる。したがって、一方の回折格子パターンが活動化されている時に各セルから出る光の各ビームレットは、他方の相補的な回折格子パターンが活動化されている時にそのセルから出る光に対して、

10

20

30

40

50

正確に $180^\circ$ 位相がずれている。この位相変調器は、データ・コントローラに接続され、このデータ・コントローラは、所定の直交コードに従ってアレイの各セル内の各電極を活動化し、これによって、各ページが基準ビームからの位相コードのうちの異なる位相コードに従って記録されるようになり、複数のデータ・ページをホログラフィ媒体に記録できるようになる。

#### 【0010】

【実施例】立体ホログラム・システムの全体的な概略を、図1に示す。図1は、マルチプレクサ40が従来の角度マルチプレクサを表す時には、従来技術システムの図である。しかし、このマルチプレクサが後で説明するタイプである時には、図1が、本発明のシステムの図でもある。

【0011】ホログラフィ記録媒体10は、光屈折材料や写真乳剤など、通常のホログラフィ記録材料の薄いフィルムである。BaTiO<sub>3</sub>結晶が、既知の光屈折材料の1例である。ホログラフィ記録媒体10は、ある軸に沿って、矢印12で示される方向に移動可能であり、その結果、セクション14などの媒体の個々の離散セクションを、固定されたマスク16の前に置くことができ、このマスク16を通して光が進入できる。

【0012】レーザ・ダイオードなどの光源20が、単一の単色でコヒーレントな光ビームを生成し、この光ビームが、1組のビーム形成光学系22を通る。このビーム形成光学系は、光源20からの出力を拡大し、平行化し、光源20がレーザ・ダイオードの場合には、ビームを円形化する。ビーム形成光学系22からの単一ビーム出力は、通常のビーム・スプリッタ24によって、基準ビーム26と対物ビームまたは信号ビーム28に分割される。

【0013】ページ・コンポーザまたは空間光変調器30とフーリエ変換レンズ32が、信号ビーム28中に光源20とホログラフィ記録媒体10の間に置かれる。空間光変調器30は、信号ビーム28の一部を通過または阻止する「シャッタ」の2次元アレイである。空間光変調器の典型的な実施例が、それぞれ適当な電圧を印加されると透明または不透明になることのできるセルの2次元アレイを有する液晶装置である。したがって、たとえば、液晶の空間光変調器30に、 $1000 \times 1000$ 個のセルが含まれる場合、これによって、信号ビーム28が $1000000$ 個の個々の点光源に変換され、その点それぞれ、印加電圧の存在下に関連するセルが透明と不透明のどちらになるかに応じて“1”または“0”のビットを表す。図1は概略平面図であるが、空間光変調器30は、信号ビーム28を光の複数の点に変換する2次元アレイ内の個々のセルを示すために、透視図法で図示されている。この空間光変調器30の説明は、デジタル・データ記憶への立体ホログラフィの応用を対象としているが、この空間光変調器は、写真透明画またはマスク

を信号ビーム中に置いて複数の非デジタル画像をホログラフィ記録媒体10に記憶する機構にも使用できる。

【0014】フーリエ変換レンズ32を、空間光変調器30とホログラフィ記録媒体10の両方から焦点距離の所に置いて、ホログラフィ記録媒体10のセクション14上に、空間光変調器30によって印加される信号ビーム28の光分布のフーリエ変換を形成する。したがって、フーリエ変換レンズ32は、空間光変調器30の2次元アレイのセルのうちの1つを通過した光にそれぞれ対応する光の平行ビームとして空間光変調器30から来る点光源の光を受け、ホログラフィ記録媒体10に向ける。この個々のビームが、信号ビーム29になり、フーリエ変換レンズ32から媒体に異なる角度で到達して、ホログラフィ記録媒体10のセクション14で重なり合う。

【0015】ビーム・スプリッタ24によって分割された基準ビーム26は、鏡27によってマルチプレクサ40を通る方向に向けられ、ホログラフィ記録媒体10のセクション14に当たる。マルチプレクサ40からの出力の基準ビーム42とフーリエ変換レンズ32からの信号ビーム29は、ホログラフィ記録媒体10のセクション14に同時に到着し、互いに干渉する。

【0016】シャッタ31を、信号ビーム28の経路内でビーム・スプリッタ24と空間光変調器30の間に置いて、記録されたホログラムの再生中に信号ビームを阻止する。逆フーリエ変換レンズ33を、ホログラフィ記録媒体10のフーリエ変換レンズ32と反対の側に置く。逆フーリエ変換レンズ33は、ホログラフィ記録媒体10からもデータ検出器アレイ35からも焦点距離の間隔に置かれる。ホログラフィ記録媒体10のセクション14に記録されたデータは、基準ビーム42だけがホログラフィ記録媒体10のセクション14に向かうように信号ビーム中にシャッタ31を移動することによって、通常の方法で再生または読出しされる。これによって、データ検出器アレイ35に向けられた、記録されたホログラムの変換画像が生成される。データ検出器アレイ35は、空間光変調器30と同一の2次元アレイ・パターンを有し、その出力が、空間光変調器30へのデータ入力に対応するようになっている。

【0017】図1に示したデジタル・データ記憶システムとしての立体ホログラフィ・システムの動作を、データ・コントローラ50の動作に関連して説明する。データ・コントローラ50は、ホスト中央演算処理装置(CPU)に接続されたデータ・バス51からデータを受け取り、そのデータを1ページのデジタル・データとして空間光変調器30に伝送する。また、データ・コントローラ50は、データ検出器アレイ35から出力されるデータを受け取り、データ・バス51を介してCPUにこのデータを送り返す。データ・コントローラ50は、シャッタ31、マルチプレクサ40および移動可能

10

20

30

40

50

なホログラフィ記録媒体10にも電氣的に接続される。ホログラフィ記録媒体10のセクション14にデータの第1ページを記録するために、データ・コントローラ50が、シャッタ31を信号ビーム28の経路の外に移動し、セクション14がマスク16の開口と一線上になるようにホログラフィ記録媒体10を移動し、マルチプレクサ40に信号を送る。マルチプレクサ40が角度多重化装置の場合、これを第1角度位置に移動する。その後、そのアレイがデータ・コントローラ50から第1ページのデータを受け取っている空間光変調器30を通過した信号ビーム29と基準ビーム42の干渉によって、第1ページを構成するデータをホログラフィ記録媒体10のセクション14に記録する。次のページをホログラフィ記録媒体10の同じセクション14に記録するために、データ・コントローラ50が、マルチプレクサ40に信号を送って次の角度位置に移動させ、第2のページが、同一のセクション14に記録される。したがって、マルチプレクサ40によって達成可能な角度位置の数に応じて、複数のページがホログラフィ記録媒体10の同一のセクション14に記録される。最大数のページをセクション14に記録した時には、データ・コントローラ50が、次の隣接セクションまたは任意のセクションがマスク16の開口と一線上になるまでホログラフィ記録媒体10を移動する。こうして、複数のページをホログラフィ記録媒体10の個々のセクション上に多重化し、複数のセクションをデータ・コントローラ50によってアドレス指定することができる。ホログラフィ記録媒体10に記録されたデータを読み出したい時には、データ・コントローラ50が、シャッタ31を信号ビーム28内に移動して信号ビーム28を阻止して、基準ビーム26だけがオンになるようにし、マルチプレクサ40に信号を送って正しい角度位置に移動させる。この基準ビームは、ホログラフィ記録媒体10の適当なセクションに向かう再生ビーム(基準ビームと同一の波長と角度を有する)になり、記録された画像を、逆フーリエ変換レンズ33を介してデータ検出器アレイ35上に再生する。

【0018】図1のマルチプレクサ40で概略的に示されるような、多重化を実現するための従来の手段は、基準ビーム26の角度移動をもたらして複数の微小角度を通る基準ビーム42を生成するための装置である。その代わりに、光源20の波長を変更し、情報の個々のページをそれぞれの波長で記録再生することによって多重化を達成することもできる。どちらの手法も、ブラッグ効果を利用し、したがって、記録媒体の同一セクションへ複数ページのデータを書き込めるようになっている。

【0019】本発明は、そのマルチプレクサが改良された位相コード化マルチプレクサになっている、図1に記載の立体ホログラフィ・システムである。このマルチプレクサを、1次元のマルチプレクサ60として図2の平面図と図3の側面図に示す。図からわかるように、基準

ビーム26が、マルチプレクサ60に入り、出力の基準ビーム42として出る。マルチプレクサ60には、2値位相変調器62、レンズ・アレイ64、および集光レンズ66が含まれる。レンズ・アレイ64は、図2に示すように、通常のレンズ61および63など、一連の個々の隣接するレンズを含み、これらのレンズが、基準ビーム26を、通常のビームレット65、67などの平行ビームレットのアレイに変換する。個々のビームレットのアレイは、集光レンズ66によって、ホログラフィ記録媒体10のセクション14に基準ビーム42として集光される重なり合うビームレットに変換されて、フーリエ変換レンズ32(図1)からの信号ビーム29との干渉をもたらす。図をわかりやすくするために、図2では、出力の基準ビーム42を構成するものとして2つのビームレットしか示していないが、レンズ・アレイ64内の個々のレンズそれぞれからのビームレットがすべて、出力の基準ビーム42中に存在する。

【0020】2値位相変調器62には、それぞれレンズ・アレイ64内の関連レンズに対応する複数のセルが含まれ、0°または180°のいずれかの位相への入射する基準ビーム26の2値状態を提供する。たとえば、セル71が、レンズ61と一線になりこれに対応し、セル73が、レンズ63と一線になりこれに対応する。したがって、従来の角度多重化または波長多重化とは異なり、この位相コード化マルチプレクサ60は、出力の基準ビーム42をホログラフィ記録媒体10上の異なる位置に機械的に移動したり、入射放射の波長を変更したりはしない。そうではなくて、マルチプレクサ60は、重なり合うビームレットから構成される固定された基準ビーム42を生成し、このビームレットはそれぞれ、そのビームレットが出てきた箇々のセルの状態に応じて0°または180°のいずれかの適当な2値位相になっている。

【0021】好ましい実施例では、2値位相変調器62は、図4および図5に示すように、液晶装置であり、図4および図5では、8つの個別セルを含む1次元アレイとして示されており、各セルが、位置合せされたレンズ・アレイ64の関連レンズに対応する。たとえば、セル71はレンズ61に対応し、セル73はレンズ63に対応する。液晶の2値位相変調器62の側面図(図5)からわかるように、液晶材料80は、下側のガラス板77の上に形成された下側電極81と上側のガラス板79の上に形成された上側電極82の間に置かれる。適当なセルに電圧を印加すると、そのセルが、後で図6ないし図8に関して説明する方式で活動化されて適当な位相になる。

【0022】典型的なセル71を図6に示す。下側電極81は、破線で示され、その全般的に長方形の輪郭が、入力基準ビーム26(図2)からの光がそこを通過して対応するレンズ61に向かい出力の基準ビーム42中

のビームレット65を生成する、セル窓である。セル71を構成する液晶装置の上側電極82の部分(図5)には、2つの別個の電極83および85を形成する2つの別々のパターンが含まれる。図7に示すように、従来のスイッチング回路によって電極83に電圧が印加される時、電極83を構成する平行なフィンガのパターンが、電極83と下側電極81の間の液晶材料80に周期的な電界を与え、その結果、この材料の光学特性または光透過特性が、このパターンによって画定される領域で変化する。これによって、平行のフィンガまたは線の間隔によって画定される回折格子が作られる。この格子を通過する基準ビーム26は、角度 $\theta$ だけ回折する。ただし、 $\theta$ は、 $2d \sin \theta = \lambda$ によって与えられ、 $d$ は、誘導された格子線の周期または間隔である(電極フィンガの間隔に等しい)。同様に、図8に示すように、電極85に電圧が印加される時、平行なフィンガまたは線の相補的なパターンによって、第1の格子と同一の間隔であるが、第1の格子から $d/2$ だけ変位した第2の回折格子が作られる。電極83の格子によって回折されるビームレット65(図2)と電極85の格子によって回折される相補ビームレットは、位相が正確に $180^\circ$ シフトしている点を除いて同一である。これは、2つの電極のインターディジタル線が、相補的な組のそれぞれの線の間隔のちょうど半分すなわち $d/2$ だけ離隔するように、セル71上にリソグラフィによって形成されているからである。本発明は、相補的な回折構造からの回折パターンが、位相の $180^\circ$ シフトを除いて同一であることを利用している。用語「相補」は、セルの透明領域と不透明領域(または高屈折率領域と低屈折率領域)が入れ代わっていることを指す。したがって、本発明では、電極83および85によって画定される2つの液晶格子が相補的であり、セルが、完全に2値の位相コード化を生成する。すなわち、一方の電極が活動化されている時にセルを出る光の位相が、他方の電極が活動化されている時に出る光の位相から正確に $180^\circ$ シフトしている。

【0023】好ましい実施例では、液晶材料80(図5)が、ハンドヘルド・テレビジョンに使用されるようなネマティック液晶であり、下側電極81と上側電極82の透明な構造がその上に形成される、2枚のガラス板77および79の間に格納される。電極は、酸化すズインジウムの蒸着薄膜とすることができる。セルの公称全厚さは、約5ないし $25 \mu\text{m}$ である。セルの内部で液晶分子を整列させるため、ガラス板77および79の内側表面は、組立の前に、単一方向にこするか、フッ化マグネシウムの層の斜め蒸着によって前処理される。間隔を置いたインターディジタル・フィンガを有する電極パターンの製造は、普通のリソグラフィによる。電極83および85(図6)それぞれの個々の回折線は、5ないし $10 \mu\text{m}$ の幅を有し、約20ないし $40 \mu\text{m}$ 離隔され、インターディジタル・フィンガが、個々の組のフィンガ

の間隔のちょうど半分だけ離れている。ガラス板は、こすり方向を描えてセルに組み立てられる。これは、ハンドヘルド・テレビジョンに使用されるような、2枚の板のこすり方向が互いに $90^\circ$ に向いた通常の表示パネルと異なる。こすり方向を描えて組み立てた2値位相オンリー液晶変調器では、電圧を印加しても、セルを通る光の偏光には影響がなく、屈折率だけに影響がある。

【0024】立体ホログラフィ記憶での位相コード化の従来技術の技法に対する本発明の長所は、マルチプレクサからの個々のビームレットの方向と位相が、印加電圧やセルの不均一性と無関係であることである。

【0025】位相コード化マルチプレクサ60(図2、図3)を、2値位相変調器として液晶装置を使用する好ましい実施例に関して説明してきたが、電圧の印加につれて光学特性または機械的特性が変化する材料であれば、どれでも周期的格子の形成に使用でき、したがって、2値位相変調器62として機能できる。1つの代替実施例として、2値位相変調器62を、強誘電体液晶装置とすることができる。セルの適当な表面安定化前処理によって、強誘電材料の分子方位を安定させることができる。典型的な強誘電体液晶材料が、Merck社のZLI-4003である。強誘電体液晶セルは、S. Fukushima他著、"Realtime Hologram Construction and Reconstruction Using a High Resolution Spatial Light Modulator", Appl. Phys. Lett., 58, 787 (1991年)に記載のように、ダウンステート光軸と入射偏光方向の間の角度が約 $25^\circ$ になるようにセルを回転することによって、大きな光スループットを得るための位相パターンとして動作できる。

【0026】ここで図9を参照すると、それぞれ8ビットの8直交コードの例を示すテーブルが示されている。図9は、1次元の2値位相変調器62が出力するはずの1次元ウォルシュ・コードを表す図である。図9の最上行90では、レンズ・アレイ64(図2)からの8つの個別ビームレットの位相がすべて、0として表されている。行90のブロック98および99は、対応するセル71および73を通過することによって生成されたビームレット65および67からの2値出力を表し、この場合は0である。行90のコードは、たとえば、同一の電極83のすべてをすべてのセルで活動化することによって生成されることになる。図9の行90の下には、他の7つの可能なコード91ないし97があり、各コードが、2値位相変調器62内の個々のセルそれぞれによって生成される位相としての $0^\circ$ または $180^\circ$ の適当な選択に対応する。

【0027】本発明の2値位相変調コード化システムを使用する立体ホログラフィ記憶システムの動作は、もう

一度図1を参照すると理解できる。データ・コントローラ50は、デジタル・データの第1ページに対応するデータを空間光変調器30に送る時に、マルチプレクサ60の2値位相変調器62(図2)に信号を送って、図9に示した8つのウォルシュ・コードのうちの1つを生成させる。その結果、第1ページがホログラフィ記録媒体10のセクション14に記録されるが、これは、生成されたウォルシュ・コードに従う適当な位相をそれぞれ有する個々の重なり合うビームレットから形成される出力の基準ビーム42と信号ビーム29の干渉に起因する。第2ページをホログラフィ記録媒体10の同一のセクション14に記録しようとする時には、データ・コントローラ50が、2値位相変調器62に信号を送って、第2の直交ウォルシュ・コード(図9のコードのうちの1つが選択される)を作成させる。その結果、この例では、ホログラフィ記録媒体10の同一のセクション14に、最大8ページまでの個別ページを記録できる。この記録された8ページのうちの適当な1ページを読み出すためには、データ・コントローラ50が、シャッタ31を移動して信号ビーム29を阻止し、2値位相変調器62に信号を送って、2値位相変調器62内の各セルに、ホログラフィ記録媒体10から読み出したいページに対応するウォルシュ・コードを再生するのに適当な電圧を印加させる。重なり合う位相コード化されたビームレットからなる基準ビーム42は、再生ビームとして働き、これによって、適当なページのデータがデータ検出器アレイ35によって検出でき、データ・コントローラ50を介してCPUに送り返せるようになる。

【0028】説明を簡単にするために、マルチプレクサ60を、8つの個別の液晶セルとレンズ・アレイ64中のそれに対応するレンズとを含む1次元システムとして説明してきた。しかし、本発明は、2次元液晶アレイとそれに対応するレンズ・アレイと共に動作でき、この場合、周知の2次元ウォルシュ・コードを使用して、位相コード化を生成する。

【0029】本発明の好ましい実施例を詳細に説明してきたが、添付の請求項に記載の本発明の趣旨と範囲から逸脱せずに、修正と改良を行えることは明白である。

【0030】以下に、実施例を整理して記載する。

【0031】(1)ホログラフィ媒体と、光源と、光源からの光を信号ビームおよび基準ビームに形成する手段と、信号ビーム中に置かれた、信号ビーム中の光を変調する手段と、光の基準ビームを複数の平行な光のビームレットに分割する手段と、光の各ビームレットごとに2値相補位相を生成する手段とを含む、基準ビーム中に置かれた、信号ビーム中の光の各変調ごとに基準ビーム中の光の位相を変調する手段と、変調された信号ビームを媒体に向ける手段と、変調された信号ビームとの干渉によって媒体内にホログラムを記録するために光の基準ビームレットを媒体に向ける手段と、媒体に光学的に結合

された、記録されたホログラムを検出する手段とを含む、立体ホログラフィ記憶システムである。

(2)光の各ビームレットごとに相補位相を生成する手段が、相補回折格子を生成する手段を含むことを特徴とする、(1)に記載のシステムである。

(3)位相生成手段がさらに、各セルが、対応する光の基準ビームレットと光学的に一線上にあり、各セル内に、互いに格子周期の半分だけ変位された2つの回折格子が形成されており、各格子が、回折状態と非回折状態との間で切換可能である、複数の光透過セルと、2つの回折格子に結合された、どの時点でも2つの回折格子のうちの1つだけを活動化し、これによってどの時点でも1つの格子だけが実質的に回折しているようにする手段とを含むことを特徴とする、(1)に記載のシステムである。

(4)セルが、液晶セルであることを特徴とする、

(3)に記載のシステムである。

(5)ビームレット生成手段が、レンズ・アレイであり、アレイの各レンズが、対応する液晶セルと一線上にあることを特徴とする、(4)に記載のシステムである。

(6)各回折格子が、平行なフィンガのパターンを有する液晶セル電極を含み、各セル内で2つの回折格子を形成する2つのパターンが、各回折格子のフィンガの間隔の半分だけインターデジタルにフィンガが離れて配置されることを特徴とする、(4)に記載のシステムである。

(7)セルを活動化する手段が、さらに、すべてのセルを所定のデジタル・コードに従って同時に活動化する手段を含み、各コードが、信号ビームの信号変調に対応することを特徴とする、(1)に記載のシステムである。

(8)ホログラフィ媒体と、単色コヒーレント光ビームを生成するための光源と、光源からの光を信号ビームと基準ビームに分割するためのビーム・スプリッタと、信号ビーム中に置かれた、信号ビーム中の光を、デジタル・データを表す複数の光の点に変調するための空間光変調器と、基準ビーム中に置かれた、光透過セルのアレイを含み、各セルが、回折格子周期の半分だけ離隔した2つの全般的に同様の回折格子と、光の基準ビームを光の平行ビームレットのアレイに分割するためセルのアレイと一線上にあるレンズの同様のアレイとを有する、位相マルチプレクサと、空間光変調器と位相マルチプレクサとに結合された、空間光変調器にデジタル・データのページを伝送し、複数の所定のコードのうちの1つのコードに従って各セルの回折格子のうちの一方または他方を活動化するためのコントローラと、変調された信号ビーム中の光の点をホログラフィ媒体の所定のセクションに向ける手段と、変調された信号ビームとの干渉によって媒体セクション内に、デジタル・データの伝送さ



れたページを表すホログラムを記録するために、媒体の前記所定のセクションに光のコード化された基準ビームレットを向ける手段と、コントローラに結合された、媒体セクションに向けられた、基準ビームと同一の位相コード化を有するビームレットを含む光の再生ビームにตอบสนองして、記録されたデジタル・データのページを検出する手段とを含む、立体ホログラフィ・デジタル・データ記憶システムである。

(9) 変調器が、基準ビームを複数の平行な光ビームレットに分割するための複数の隣接する光透過セルを含み、各セル内に、格子周期の半分だけ離隔された2つの回折格子が形成されており、各格子が、実質的に光を回折する状態と光を回折しない状態との間で切替え可能である光の基準ビームを生成する光源を有する立体ホログラム・システム用の2値位相変調器である。

(10) セルが、液晶セルであり、各回折格子が、平行なフィンガのパターンを有する液晶セル電極を含み、各セル内で2つの回折格子を形成する2つのパターンが、各格子内のフィンガの間隔の半分だけインターディジタルにフィンガが離れて配置されることを特徴とする、

(9)に記載の変調器である。

(11) さらに、各セル内の各電極に電気的に結合された、どの時点でも各セル内の2つの回折格子のうちの1つだけを活動化し、これによってどの時点でも各セル内の1つの格子だけが実質的に光を回折するようにする手段を含む、(10)に記載の変調器である。

#### 【0032】

【発明の効果】本発明より、印加電圧から独立であり、複雑または高価なフィードバック制御を必要としない、完全に2値の位相変調器を使用する、改良された位相コード化立体ホログラフィ記憶システムが得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】多重化を有する立体ホログラフィ記憶システムの主要構成要素を示す概略ブロック図である。

【図2】図1に示した立体ホログラフィ記憶システムと共に使用できる、本発明によるマルチプレクサの平面図\*

\*である。

【図3】図2に示したマルチプレクサの側面図である。

【図4】8つの個々の液晶セルを示す、液晶位相変調器の平面図である。

【図5】図4の液晶位相変調器の側面図である。

【図6】図4の液晶位相変調器のセルの1つを示し、インターディジタル・フィンガを有する電極の相補パターンを示す図である。

【図7】一方の電極が活動化された図6のセルを示す図である。

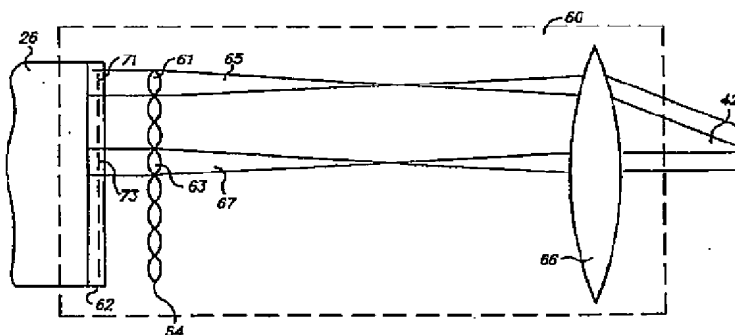
【図8】相補的な電極が活動化された図6のセルを示す図である。

【図9】1次元ウォルシュ・コードの8直交コードの図解である。

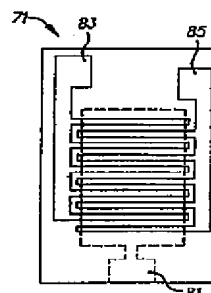
#### 【符号の説明】

- 10 ホログラフィ記録媒体
- 16 マスク
- 20 光源
- 22 ビーム形成光学系
- 24 ビーム・スプリッタ
- 30 空間光変調器
- 31 シャッタ
- 32 フーリエ変換レンズ
- 33 逆フーリエ変換レンズ
- 40 マルチプレクサ
- 50 データ・コントローラ
- 60 マルチプレクサ
- 62 2値位相変調器
- 64 レンズ・アレイ
- 66 集光レンズ
- 71 セル
- 73 セル
- 81 下側電極
- 82 上側電極
- 83 電極
- 85 電極

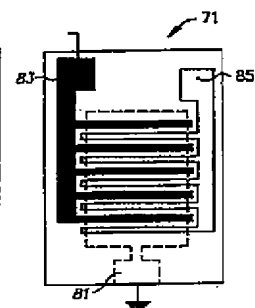
【図2】



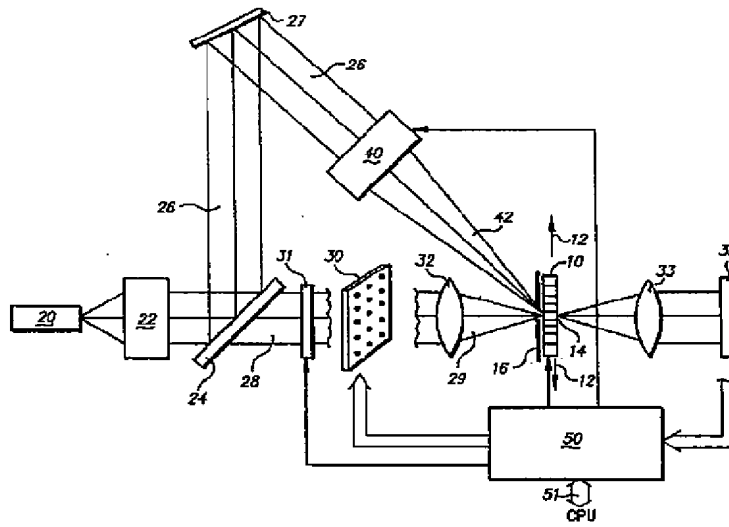
【図6】



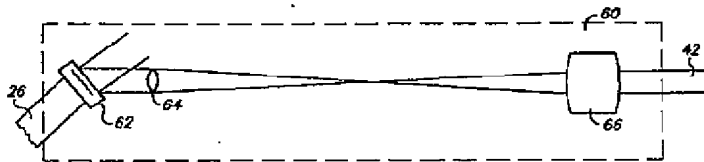
【図7】



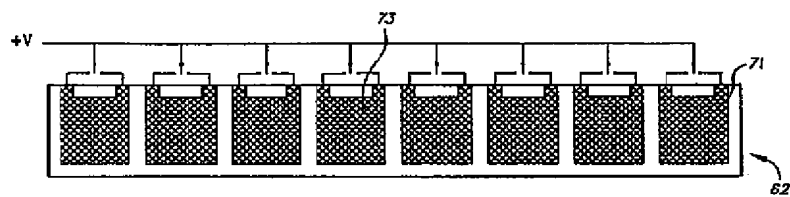
【図 1】



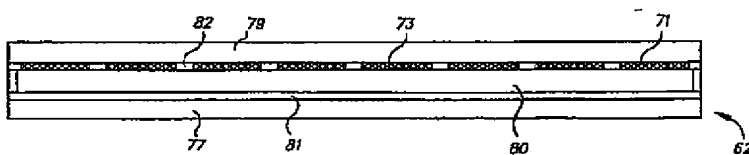
【図 3】



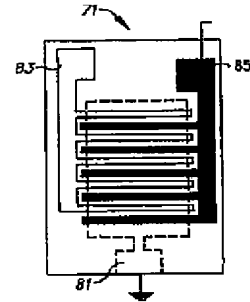
【図 4】



【図 5】



【図 8】



【図 9】

